

УДК 664.863.813

**М.В. Волошин, Ю.В. Андреева, О.В. Колесова,
В.В. Маслова, Г.А. Люшина, С.Ю. Солодников**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ И ГИДРОПОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СОКА ИЗ РОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

Одной из актуальных проблем современной медицины и пищевой промышленности является сохранение здоровья человека путем обеспечения полноценного рациона питания. Сегодня не только у специалистов, но и у обычных потребителей не вызывает сомнений факт, что состояние здоровья человека непосредственно связано с пищей, которую он ежедневно потребляет. Преобладание импортных продуктов питания на отечественном рынке, зачастую низкого качества, а также резкое ухудшение экологической обстановки в мире, связанное с техническим прогрессом, отразились на качественном составе потребляемой пищи. Это, в свою очередь, привело к развитию и прогрессированию многих заболеваний, связанных с неправильным питанием. Известно, что направленная коррекция рациона питания является важным компонентом комплексного лечения и профилактики многих заболеваний, в том числе ишемической болезни сердца, гипертонической болезни и ряда других заболеваний. В качестве продукта сбалансированного питания был изучен сок из ростков пшеницы.

Представлены результаты использования в качестве среды для гидропонной технологии выращивания ростков пшеницы растворов микроэлементов различных концентраций. Изучена токсичность, и оценена антигипоксическая активность сока из ростков пшеницы. Показано, что разработанная технологическая схема позволяет включить в технологию промышленного производства сока из ростков пшеницы среду с управляемым микроэлементным составом, введение минеральных добавок ускоряет развитие ростков на 35 %. Установлено, что сок не токсичен и обладает выраженной антигипоксической активностью. Механизм антигипоксической активности не ясен, и требуется проведение дополнительных исследований.

Ключевые слова: гидропонная технология, сок из ростков пшеницы, минеральные добавки, состав сока, антигипоксическая активность, токсичность.

**M.V. Voloshin, Y.V. Andreeva, O.V. Kolesova,
V.V. Maslova, G.A. Lyushina, S.Y. Solodnikov**

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

MINERALS AND HYDROPONIC TECHNOLOGY IN THE PRODUCTION OF WHEATGRASS JUICE

Human health preservation by providing a balanced nutrition is one of the most actual problem of modern medicine and the food industry. Today not only professionals but also for ordinary consumers have no doubt that human health does directly depend on the food that it consumed daily.

Predominance of imported food products in the domestic market as well as a sharp deterioration in the ecological situation in the world associated with technological progress, affects the quality of food composition for human consumption. This leads to the development and progression of many diseases associated with malnutrition. It is known that the directed correction diet is an important component of a comprehensive treatment and prevention of many diseases, including coronary heart disease, hypertension and other diseases. Wheatgrass juice was studied as a product for a balanced diet. It contains a plethora of vitamins, minerals, amino acids and vital enzymes like superoxide dismutase and cytochrome oxidase. The article presents the results of the mineral medium use for hydroponic technology. Toxicity and antihypoxic activity of wheatgrass juice were studied. It has been shown that the developed flow diagram allows to include hydroponics in the technology of wheatgrass juice production. Application of mineral supplements accelerates the development of germs by about 35 %. It was found that the juice is not toxic and has antihypoxic activity. The mechanism of antihypoxic activity is not clear and additional research is needed.

Keywords: *hydroponics wheatgrass juice, juice composition, mineral additives, the composition of the juice, antihypoxic activity, toxicity.*

В настоящее время одной из важных задач медицины является сохранение здоровья человека путем обеспечения полноценного рациона питания. Современные врачи активно используют диету в качестве средства профилактики и лечения различных заболеваний сердечно-сосудистой, эндокринной и дыхательной систем, желудочно-кишечного тракта. При этом модификация рациона с помощью исключительно традиционных продуктов становится затруднительной, поскольку ухудшение экологической ситуации, а также использование большого количества токсичных веществ в сельском хозяйстве приводят к значительному снижению биологической ценности пищевых продуктов. По этой причине все больше возрастает интерес к сбалансированному питанию, которое способно возместить недостающие витамины, микроэлементы и аминокислоты. Среди продуктов сбалансированного питания наиболее оптимальными являются те, которые прошли минимальную термическую обработку. Примером такого продукта является сок из ростков пшеницы. Он содержит большое количество витаминов, биофлавоноидов, железа, минеральных веществ (кальция, калия, натрия, цинка, меди, алюминия и магния) и аминокислот. Разнообразный состав позволяет использовать его в комплексной терапии атеросклероза, ишемического инсульта, гипоксии и других заболеваний [1–7].

Несмотря на потенциальную пользу данного продукта, его получение сопряжено с рядом трудностей, среди которых – необходимость строгого контроля качества исходного сырья, создание специальных условий для получения ростков пшеницы, а также большие временные затраты. На сегодняшний день для проращивания семян активно используется гидропоника – технология выращивания семян на искусственных пористых влаго- и воздухоёмкой средах. Данная технология позволяет в значительной мере сократить площади, необходимые для культивирования ростков, однако не влияет на временные затраты. В связи с этим проблема модификации существующей технологии получения ростков пшеницы остается актуальной. Одним из способов влияния на скорость прорастания семян является оптимизация микро- и макроэлементного состава среды для их выращивания.

Цель работы – изучить изменение скорости развития ростков пшеницы, микроэлементного состава сока и спектра его биологической активности при использовании растворов минеральных солей для выращивания ростков по гидропонной технологии.

Объекты и методы исследования

Разработка технологии производства и изучение биологической активности сока из ростков пшеницы осуществлялись на базе научно-образовательного центра прикладных химико-биологических исследований Пермского национального исследовательского политехнического университета. Объектами исследования служили семена пшеницы сорта «Горноуральская яровая» и готовый сок из ростков пшеницы. В качестве минеральной добавки был использован комплекс микроэлементов «Здравень турбо» (ООО «Ваше хозяйство», г. Нижний Новгород, Россия). Минеральный комплекс растворяли в воде комнатной температуры, для эксперимента использовали следующие концентрации раствора: 0,2, 0,4 и 0,8 г/л. Полученные растворы использовались для полива, в контрольном опыте использовали воду без добавления микроэлементов. Длину ростков измеряли на 7-й день после начала проращивания.

Элементный состав сока из ростков пшеницы определяли на сканирующем электронном микроскопе S-3400N HITACHI с рентгенофлюоресцентной приставкой Bruker.

Оценку биологической активности сока из ростков пшеницы проводили на мышах линии CD-1, содержащихся в стандартных условиях вивария: 12-часовой световой цикл «день-ночь», температура воздуха в помещении 20–22 °С, влажность – 65 %. В ходе всех экспериментов животные получали гранулированный сухой корм «Чара» в соответствии с нормами питания для данных грызунов.

Биологическую активность сока оценивали с помощью следующих методик.

Антигипоксическая активность

Изучение антигипоксической активности проводили в соответствии с Руководством по проведению доклинических исследований лекарственных средств [8]. Острую гипоксию моделировали в замкнутом пространстве, развивая у животных гипоксическую гипоксию. Оценку антигипоксической активности проводили по интегральному показателю – летальность за определенное время наблюдения. В эксперименте использовали 20 самцов CD-1 массой 18–22 г, разделенных на две группы (контрольную и экспериментальную) – по 10 животных в каждой группе. Обе группы питались в соответствии со стандартной диетой, при этом мыши из экспериментальной группы на протяжении

двух недель вместо воды получали раствор концентрата из ростков пшеницы (15 мл концентрата на 500 мл воды), а животные из контрольной группы – воду в неограниченном количестве. Каждая мышь содержалась в индивидуальной клетке.

В ходе проведения опыта вели непрерывное наблюдение за состоянием животных, оценивали поведенческие реакции, состояние волосяного покрова, потребление пищи и воды.

По истечении двух недель мышей помещали в банку, плотно закрытую стеклянной крышкой и смазанную вазелином для создания герметичных условий. Продолжительность жизни фиксировали с помощью секундомера.

Острая токсичность

Изучение острой токсичности на лабораторных животных (мышах) проводили в соответствии с Руководством по проведению доклинических исследований лекарственных средств [8]. Были задействованы три группы по 10 мышей двухмесячного возраста, обоего пола, массой 18–22 г. Сок из ростков пшеницы вводили однократно *per os* в трех различных дозах (0,3, 0,6 и 1,0 мл).

За состоянием животных проводили постоянное наблюдение в течение первых 6 ч, затем оценивали через каждые 3 ч в течение первого дня опыта. В последующие 13 дней опыта ежедневно оценивали общее состояние, внешний вид, поведенческие реакции, прием пищи и воды, ритм и частоту сердцебиения мышей.

Эксперименты на животных проводили в соответствии с утвержденным протоколом, с соблюдением правил гуманного обращения с животными. Статистическую обработку результатов эксперимента проводили с использованием программы GraphPad Prism 6, результаты считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Стандартная технологическая схема гидропонного производства состоит из этапов, представленных на рис. 1.

Линия производства сока начинается с комплекса оборудования для очистки, мойки и сортировки сырья, транспортера и гидролотков. В состав линии также входит комплекс оборудования для отжима сока, состоящий из шнековой соковыжималки. Следующий комплекс оборудования линии состоит из фасовочно-упаковочных машин и камеры шоковой заморозки.

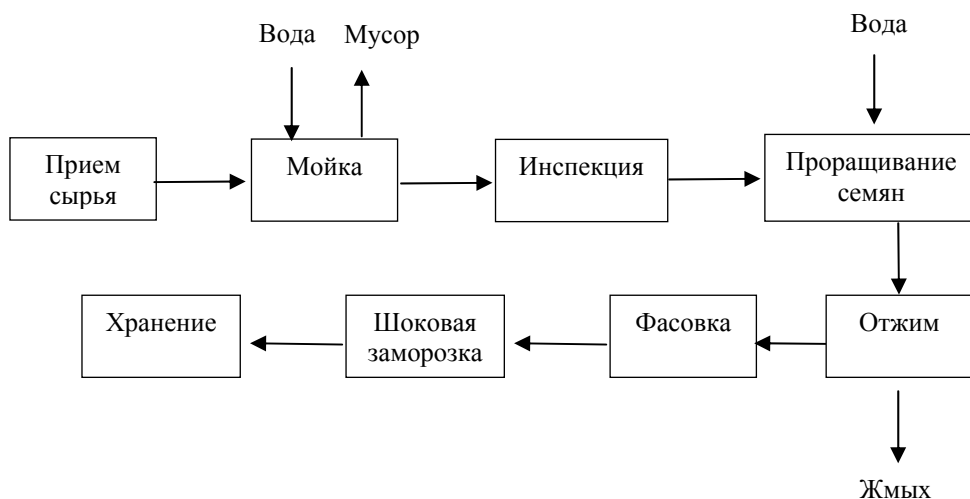


Рис. 1. Технологическая схема производства сока из ростков пшеницы

Изучение влияния различных концентраций удобрения в среде на скорость формирования ростков и микроэлементный состав сока

В результате определения влияния раствора удобрений различных концентраций на скорость формирования ростков (рис. 2) установлено, что максимальная скорость роста достигается при концентрации добавки 0,8 г/л. При таком содержании удобрения ростки пшеницы в среднем достигали длины 18,2 см. При концентрациях 0,2 и 0,4 г/л средняя длина ростков составляла 14,2 и 14,6 см соответственно, в то время как в контроле длина ростка была 6,2 см.

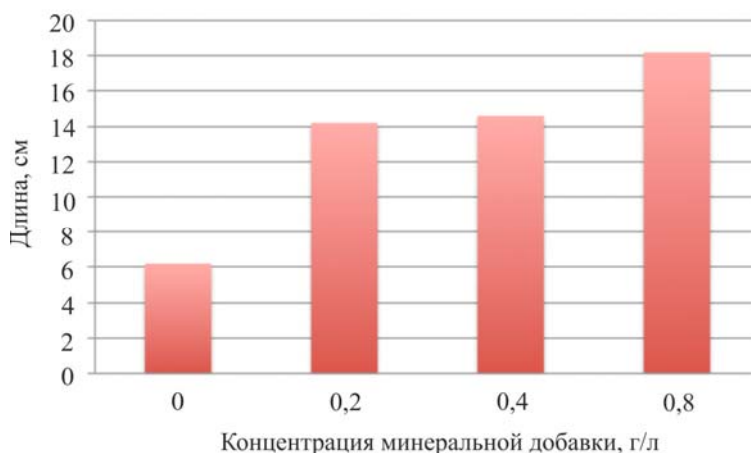


Рис. 2. Влияние различных концентраций минеральных солей на длину ростков пшеницы

Влияние минеральных добавок на скорость роста объясняется тем, что в период интенсивного роста растений особенно важно сбалансированное количество элементов в среде. Недостаток азота, например, нарушает ход физиологических процессов, из-за чего синтез конституционных и ферментных белков сильно затормаживается, а рост растений задерживается. Азотные удобрения, внесенные в этот период, оказывают большое влияние на синтез сложных белков, которые составляют химическую основу протоплазмы и всего растения. Изменение содержания минеральных удобрений в среде, а также их соотношение может существенно влиять на темпы роста растений [9].

В таблице показано изменение микроэлементного состава сока из ростков пшеницы при использовании для полива различных концентраций растворов минеральных солей.

Изменение минерального состава сока

Элемент	Контроль, %	Опыт, %
Na	0,5	0,5
Mg	1,02	0,54
Al	0,44	0,36
P	3,25	2,80
S	2,61	3,15
Cl	2,12	1,63
K	8,13	9,2
Ca	0,88	0,73

Наблюдаемые изменения концентраций согласуются с общепризнанным представлением об основных биохимических процессах, проходящих внутри растительной клетки [10]. Стоит обратить внимание на то, что содержание ряда элементов увеличивается в соке из ростков пшеницы, выращенных на гидропонной среде с регулируемым составом микроэлементов. Данный параметр следует контролировать, поскольку, например, увеличение содержания калия необходимо учитывать при разработке рекомендаций для использования такого продукта лицами, страдающими различными, в первую очередь сердечно-сосудистыми, заболеваниями.

Изучение биологической активности

Изучение влияния сока в модели острой гипоксической гипоксии [8] показало, что среднее время жизни животных увеличилось на 17,6 % ($p < 0,001$), с 18,8 до 22,6 мин. Таким образом, установлено, что

сок из ростков пшеницы обладает выраженным антигипоксическим действием. По-видимому, механизм антигипоксического действия сока связан с его уникальным составом – наличием комплекса биологически активных ингредиентов, в том числе обладающих антиоксидантными свойствами [7]. Тем не менее требуется дальнейшее изучение молекулярного механизма антигипоксического действия сока.

При изучении острой токсичности за все время наблюдения не было ни одного случая отклонения какого-либо параметра у животных всех трех групп: общее состояние животных удовлетворительное, нарушений в потреблении пищи и воды не наблюдалось, шерстный покров не нарушен, изменения в поведенческих реакциях не выявлены, нарушений в работе дыхательной и сердечно-сосудистой систем не обнаружено. Введение объема сока больше, чем 1 мл, нами не проводилось. Максимальный объем, рекомендованный для введения мышам, – 1 мл [9]. В результате исследования установлено, что сок из ростков пшеницы не токсичен при применении в максимально возможной в исследовании на животных дозе.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что разработанная нами технологическая схема позволяет включить в технологию промышленного производства сока из ростков пшеницы среду с управляемым микроэлементным составом. Разработанная технологическая схема производства сока из ростков пшеницы реализована на предприятии ООО «Сома».

Выводы

1. Включение минеральных солей в состав воды для полива, используемой в технологии выращивания ростков пшеницы на гидропонной среде, позволяет ускорить процесс развития ростков с 11 до 7 дней, а также оптимизировать микроэлементный состав сока.

2. Полученный с использованием разработанной технологии сок из ростков пшеницы не токсичен и обладает выраженной антигипоксической активностью.

Список литературы

1. Сравнительные исследования парафармацевтических свойств фосфолипидных БАД серии «Витол» / Е.А. Бутина, Е.О. Герасименко, А.П. Прибытко, И.Н. Абаева // Успехи современного естествознания. – 2005. – Вып. 8. – С. 66–67.

2. Каплюченко И.В. Биологически активные добавки – одно из приоритетных направлений в обеспечении здорового питания и профилактике алиментарных заболеваний // Биологические науки. – 2014. – Вып. 1. – С. 1–3.

3. Тутельян В.А., Суханов Б.П. Современные подходы к обеспечению качества и безопасности биологически активных добавок к пище в Российской Федерации // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2009. – № 1. – С. 12–19.

4. Bar-Sela G., Tsalic M., Fried G. Wheat grass juice may improve hematological toxicity related to chemotherapy in breast cancer Patients: a pilot study // Nutrition and Cancer. – 2007. – Vol. 58 (2). – P. 43–48.

5. Kothari S., Jain A.K., Mehta S.C. Hypolipidemic effect of fresh triticum aestivum (Wheat) grass Juice in hypercholesterolemic rats // Acta Pol. Pharm. – 2011. – Vol. 68(2). – P. 291–294.

6. Ashok S.A. Phytochemical and pharmacological screening of wheatgrass juice // International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. – 2011. – Vol. 9(1). – P. 159–164.

7. Singh N., Verma P., Pandey B.R. Therapeutic potential of organic triticum aestivum linn. (wheat grass) in prevention and treatment of chronic diseases: an overview // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research. – 2012. – Vol. 4(1). – P. 10–14.

8. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А.Н. Миронов, Н.Д. Бунатян [и др.]. – М.: Гриф и К, 2012. – 944 с.

9. Мосолов И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. – М.: Книга по требованию, 2012. – 255 с.

10. Dey P.M., Harborne J.B. Plant Biochemistry. – Academic Press, 1997. – 554 p.

References

1. Butina E.A., Gerasimenko E.O., Pribytko A.P., Abaeva I.N. Sravnitelnye issledovaniya parafarmatsevticheskikh svoystv fosfolipidnykh BAD serii “Vitol” [Comparative researches of the properties of phospholipid parapharmaceutic BAD series Vitol]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2005, vol. 8, pp. 66-67.

2. Kaplyuchenko I.V. Biologicheski aktivnye dobavki – odno iz prioritnykh napravleniy v obespechenii zdorovogo pitaniya i profilaktike alimentarnykh zabolevaniy [Dietary supplements – one of the priorities in

ensuring healthy nutrition and the prevention of nutrition-related diseases]. *Biologicheskie nauki*, 2014, vol. 1, pp. 1-3.

3. Tutelyan V.A., Sukhanov B.P. Sovremennye podkhody k obespecheniyu kachestva i bezopasnosti biologicheski aktivnykh dobavok k pische v Rossiyskoy Federatsii [Modern approaches to ensure quality and safety of biologically active food additives in the Russian Federation]. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 12-19.

4. Bar-Sela G., Tsalic M., Fried G. Wheat Grass Juice May Improve Hematological Toxicity Related to Chemotherapy in Breast Cancer Patients: A Pilot Study. *Nutrition and Cancer*, 2007, vol 58 (2), pp. 43-48.

5. Kothari S., Jain A.K., Mehta S.C. Hypolipidemic effect of fresh triticum aestivum (Wheat) grass juice in hypercholesterolemic rats. *Acta Pol. Pharm.*, 2011, vol. 68(2), pp. 291-294.

6. Ashok S.A. Phytochemical and pharmacological screening of wheatgrass juice. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 2011, vol. 9(1), pp. 159-164.

7. Singh N., Verma P., Pandey B.R. Therapeutic potential of organic triticum aestivum linn. (wheat grass) in prevention and treatment of chronic diseases: an overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2012, vol. 4(1), pp. 10-14.

8. Mironov A.N., Bunatyan N.D. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv [Guidelines for pre-clinical drugs studies]. Moscow: Grif i K, 2012. 944 p.

9. Mosolov I.V. Fiziologicheskie osnovy primeneniya mineralnykh udobreniy [The physiological basis of mineral fertilizers using]. Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 255 p.

10. Dey P.M., Harborne J.B. Plant Biochemistry. Academic Press, 1997. 554 p.

Об авторах

Волошин Максим Владиславович (Пермь, Россия) – студент кафедры химии и биотехнологии Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: raincolder@gmail.com).

Андреева Юлия Вячеславовна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры химии и биотехнологии Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: Julietta44perm@mail.ru).

Колесова Ольга Владиславовна (Пермь, Россия) – аспирант кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: goldacox@mail.ru).

Маслова Вера Владимировна (Пермь, Россия) – инженер-исследователь научно-образовательного центра химико-биологических исследований Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: vmasliva@mail.ru).

Люшина Галина Андреевна (Пермь, Россия) – младший научный сотрудник научно-образовательного центра химико-биологических исследований Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: lindick@ya.ru).

Солодников Сергей Юрьевич (Пермь, Россия) – кандидат медицинских наук, доцент кафедры химии и биотехнологии Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: s.u.solodnikov@rambler.ru).

About the authors

Maksim V. Voloshin (Perm, Russian Federation) – student, department of chemistry and biotechnology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: raincolder@gmail.com).

Yliya V. Andreeva (Perm, Russian Federation) – master student, department of chemistry and biotechnology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: Julietta44perm@mail.ru).

Olga V. Kolesova (Perm, Russian Federation) – graduate student, department of chemical technology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: goldacox@mail.ru).

Vera V. Maslova (Perm, Russian Federation) – engineer researcher, research and education center of applied chemical and biological research, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: vmaslova@mail.ru).

Galina A. Lyushina (Perm, Russian Federation) – junior scientist, research and education center of applied chemical and biological research, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lindick@ya.ru).

Sergey Yu. Solodnikov (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of medical sciences, associate professor, department of chemistry and biotechnology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: s.u.solodnikov@rambler.ru).

Получено 11.03.2015